



# Puidu tulepüsivus

## ALAR JUST

Üsna laialt levinud arvamuse kohaselt ei ole puidust võimalik tulepüsivalt ehitada. Vaidelamatult on puit põlev materjal ja seda ei saa ühegi immutuse või keemilise kaitsevahendiga muuta täiesti mittepõlevaks. See-eest võib puidu muuta raskesti süttivaks.

Samas on praktikast teada väga vähe juhtumeid, kus tulekahju on alguse saanud puidust kandekonstruktsioonidest. Tuleohu seisukohalt ei olegi niivõrd tähtsad piirangud kandekonstruktsiooni põlemisomadustele, kuivõrd hoones sees toimuv.

Puit süttib kas lahtisest leegist või suurest kuumusest. Et puit süttiks, peab tema pinnatemperatuur olema üle 400 °C. Tuli levib mööda puitelemendi pinda, süüdates üha uusi pindu. Alguses põleb tuli jõuliselt ning puidu ristlõike ümber moodustub isoleeriv puusöe kiht. Puusöe ja põlevate gaaside koosmõjul algab keemiline lagunemine ning tulest

puutumata ja söestunud puidu vahele tekib nn pürolüüsikiht. See on umbes 5 mm paksune tsoon, kus puit on keemiliselt tule poolt mõjutatud, kuid ei ole veel täielikult lagunenu.

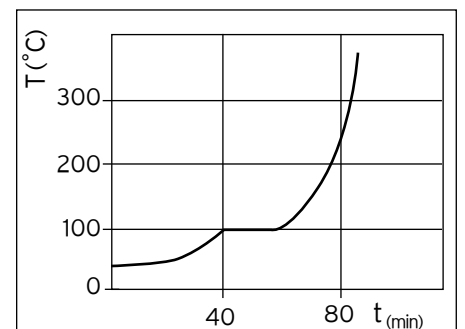
Kui pürolüüsikihi all oleva puidu temperatuur tõuseb põlengu ajal 100 °C, hakkab puidus olev vesi aurustuma. Aur väljub avatud pooride, sõlmede ja teiste kergemini läbitavate avade kaudu. Puidu temperatuuri tõus peatub seniks, kuni kogu vesi on aurustunud.

150 ja 200 °C vahel tekivad gaasid, mis sisaldavad 70% põlematut süsinikdioksiidi CO<sub>2</sub> ja 30% põlevat süsinikoksiidi (CO). Kui temperatuur tõuseb 200°C-ni, siis põlevate gaaside hulk proportsionaalselt järjest tõuseb ja CO<sub>2</sub> hulk langeb. Gaaside süttimisel kasvab pinnatemperatuur kiiresti, puidu karboniseerumine jätkub ja pürolüüsikiht laguneb.

Üle 500 °C juures on gaaside teke vähenenud ja söe teke kasvanud. See seletabki puidu välimust pärast tulekahju.

Puusöe soojusjuhtivus on ainult 1/6 loomuliku puidu omast. See tähendab, et söekiht moodustab ümber terve puidu justkui isolatsiooni ja puidu edasine kahjustumine on aeglustatud. Tänu isoleerivale söekihile on puidu sisemise kihi temperatuur tunduvalt madalam kui pinnakihil.

Ristlõikes jääb puitelemendi tuum külmaks juba väikesel kaugusel põlevast tsoonist. See väldib konstruktsioonis kui tervikus kahjustavate temperatuuripinge-



Joonis 1. Pürolüüsikihi all oleva puidu temperatuuri-aja graafik

te tekkimist. Põlemata osas säilivad kõik kandevõime omadused, välja arvatud vähenemine mõõtmetes.

Puitelemendi käitumist tules mõjutab tema külpinna ja ruumala suhe: mida suurem see on, seda kergemini element süttib ja seda kiiremini leek levib. Seda suhet suurendavad kare pind ning praod. Tänu pragude puudumisele on näiteks liimpuidu söestumiskiirus väiksem kui monoliitpuidul.

Aeg, mis kulub puidu süttimiseks ja põlemiseks, sõltub puidu tihedusest. Niisiis käituvad eri puuliigid tules erinevalt: mida tihedam puit on, seda raskemini ta süttib.

## Kandetarindite nõutav tulepüsivus

Nõuded kandetarindite nõutava tulepüsivuse kohta on kehtestatud Vabariigi Valitsuse määrusega nr 315 "Ehitisele ja selle osale esitatavad tuleohutusnõuded", mis hakkas kehtima 1. jaanuaril 2005.

Kandetarindite tulepüsivusnõuet väljendab põhiliselt kandevõimekriteerium  $R_{xx}$  ( $xx$  – aeg minutites), s.o aeg, mille kestel tulekahjus säilib konstruktsiooni või selle osa võime kanda nõutava suurusega koormust.

Ehitised jaotatakse kolme tulepüsivusklassi:

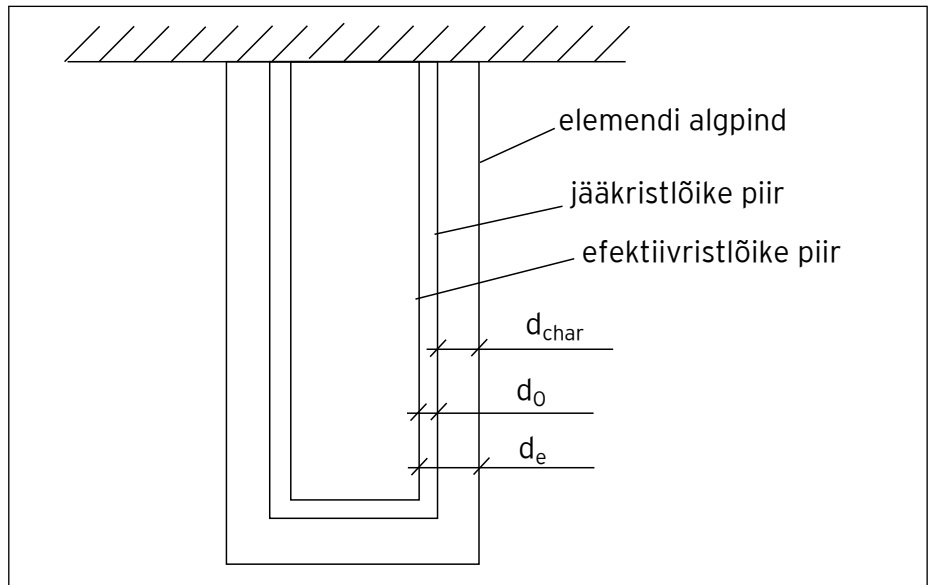
- \* TP-1 – kõrge tulepüsivusega;
- \* TP-2 – keskmise tulepüsivusega;
- \* TP-3 – madala tulepüsivusega.

TP-1 kandevõimekriteeriumid on R120, R90, R60; TP-2 kandevõimekriteeriumid on R30, R60. Seega peavad TP-1 klassi hoone kandekonstruktsioonid tulekahjuolukorras püsima 1...2 tundi. Lisaks tulepüsivuse kandevõimekriteeriumile on TP-1 klassi teatud hoonete kohta toodud klausel, mis nõuab kindlasti mittepõleva materjali kasutamist.

Mida rangemad on tarindite tulepüsivuse nõuded, seda suuremad on ka lubatud tuletõkkeseektsioonide ehk omavahel tulekindlalt eraldatud hoone osade piirpindalad.

Teras, mis on mittepõlev materjal, võib tulekahjuolukorras kiiresti kuumeneda ning konstruktsioon võib variseda juba sulama hakates. Puidu käitumisest tules oli eespool juttu, et ristlõike keskele tules puutumata jääv puit ei muuda oma tugevusomadusi ja konstruktsioon jääb püsima nii kauaks, kuni ristlõike terve osa suudab koormust kanda. Kumb olukord on ohutum?

Suurtel puidust kandekonstruktsiooni-



Joonis 2. Efektiivristlõike määramine. Tuli kolmest küljest.

del tulekaitsevõrpa ega -kattematerjali tavaliselt ei kasutata. Vajalik tulepüsivus tagatakse piisavalt suure ristlõike projekteerimisega, arvestades puidu põlemiskiirust.

## Puitarindi tulepüsivuse arvutamine

Juhised puitarindi tulepüsivuse arvutamiseks annab 2001. aasta märtsis Eesti Vabariigi standardina ilmunud EVS 1995-1-2:2003 "Puitkonstruktsioonid. Tulepüsivus."

Standardi järgi võib tulekahju mõju puitmaterjali omadustele ja ristlõike parameetritele arvestada kolmel eri viisil.

1. Lihtsustatud efektiivristlõike meetod – leitakse efektiivristlõikega elemendi kandevõime eeldusel, et tulekahju ei mõjuta tema tugevus- ja jäikusomadusi. Tugevus- ja jäikusomaduste vähenemine kompenseeritakse söestumissügavuse mõningase suurendamisega.
2. Vähendatud tugevuse ja jäikuse meetod – arvutatakse jääkristlõikega elemendi kandevõime vähendatud tugevus- ja jäikusomadustega.
3. Üldmeetod – võetakse arvesse jääkristlõike iga punkti temperatuuri ja niiskusesisaldust, samuti materjali tugevus- ja jäikusomaduste vahetõrka ühelt poolt ning temperatuuri ja niiskusesisaldust teiselt poolt.

Vaatleme siinkohal kõige lihtsamat ja enamkasutatavat efektiivristlõike meetodit.

Lühidalt öeldes kasutatakse tulepüsivusarvutuses väiksemaid koormusi, vähenda-

tud ristlõiget ja suuremat tugevust kui normaaltemperatuurijärgses tugevusarvutuses.

**Koormused.** Tulekahjuolukorras arvestatakse avariikoormusega, st ülekoormustegureid ei rakendata ning kasutatakse vastavaid normkoormuse vähendustegureid.

Näiteks katusekonstruktsiooni arvutamisel võetakse omakaal teguriga 1,0 ja kas lume- või tuulekoormus teguriga 0,2. Tuule- ja lumekoormuse koosmõju ei arvestata. Vahelaekonstruktsioonide puhul rakendatakse lisaks omakaalule kasukoormustegurit 0,3...0,8.

**Tugevus ja jäikus.** Kandevõime kontrollimiseks määratakse arvutustugevus ja -jäikus, mis liimpuidu puhul on üldjuhul võrdne 1,15-kordse vastava normatiivse tugevusega ning monoliitpuidu puhul 1,25-kordse normatiivse tugevusega. Materjali osavarutegur on 1,0.

*Näide.* Tugevusklassiga GL28c liimpuidu arvutuslik paindetugevus normaaltemperatuuril arvutusteks on  $28 \times 0,9/1,25 = 20,2 \text{ N/mm}^2$ . Tulekahjuolukorras on vastav arvutustugevus  $28 \times 1,15/1,0 = 32,2 \text{ N/mm}^2$ .

**Ristlõike mõõtmed.** Leitakse allesjääv, nn efektiivristlõige. Selleks vähendatakse elemendi ristlõiget söestumissügavuse, üldjuhul 7 mm lisakihi võrra (vt joonis 2). Ristlõiget vähendatakse ainult tulele avatud külgedest.

Söestumissügavuse leidmisel arvestatakse järgmisi põlemiskiirusi:

- \* okaspuit 0,8 mm/min;
- \* lehtpuit 0,5 mm/min;
- \* liimpuit 0,7 mm/min;
- \* vineer 1,0 mm/min.



Äsjavalminud Ahja spordihall. Nõutav tulepüsivus R30 on tagatud arvutustega. Puudus vajadus kasutada tulekaitsevõõpa.

*Näide.* Liimpuidust katusekandja ristlõige on  $200 \times 600$  mm. Element on tulele avatud kolmest küljest. 60-minutilise tulepüsivuse saavutamiseks tuleb ristlõiget vähendada suuruse  $60 \times 0,7 + 7 = 49$  mm võrra. Kuna tuli pääseb ligi kolmest

küljest, siis on efektiivristlõike suurus  $102 \times 551$  mm.

Saadud tugevuste, koormuste ja ristlõikega kontrollitakse konstruktsioonide kandevõimet tulekahjuolukorras. Sealjuu-

res tuleb jälgida, et stabiilsuse arvutuses ei arvestata elemendi jäikussidemetega, mis purunevad tulekahjus.

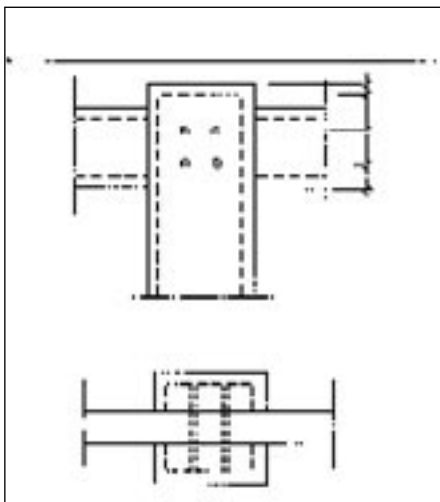
## Liited

Erinõuded esitatakse ka liidetele. Puitpuiduga liited ning terasest keskmise elemendiga teras-puiduga liited, milles on kaitsmata naelad, kruvid, poldid või naaglid, kuuluvad tulepüsivusklassi R15. Kõrgema tulepüsivusklassi kui R15 puhul tuleb elementide paksust ning sidemete otsa- ja servakaugust suurendada vastava suuruse võrra (vt joonis 3).

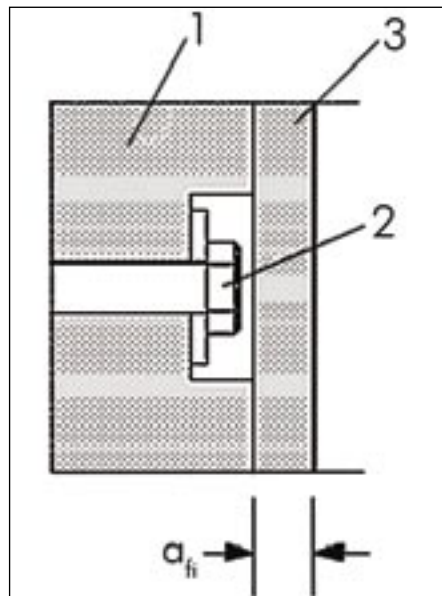
Näiteks. Tulepüsivuse R60 saavutamiseks tuleb liimpuitelemendi otsa- servakaugust suurendada 31,5 mm, monoliitse okaspuidu puhul 36 mm võrra.

## Kokkuvõtteks

Puidust saab ehitada tulepüsivaid konstruktsioone. Suuresildeliste tarindite puhul ei ole ristlõike suurendamine tulepüsivuse eesmärgil vajalik. Tähelepanu tuleb pöörata liidetele.



Joonis 3. Täiendav paksus ning sidemete täiendav otsa- ja servakaugus R15-st suurema tulepüsivusklassi puhul. Vajaliku paksuse saamiseks võib kasutada ka kaitsvaid plaate.



Plaadiga kaitstud liide. 1 – põhikonstruktsioon, 2 – kinniti, 3 – katteplaat